

**STEEL ALLOY POWDER FOR POWDER METALLURGY**

Patent number: JP2003247003  
Publication date: 2003-09-05  
Inventor: NAKAMURA NAOMICHI; UNAMI SHIGERU; UENOSONO SATOSHI  
Applicant: JFE STEEL KK  
Classification:  
- international: **B22F1/02; C22C38/00; C22C38/12; B22F1/02; C22C38/00; C22C38/12; (IPC1-7): B22F1/02; C22C38/00; C22C38/12**  
- european:  
Application number: JP20020043912 20020220  
Priority number(s): JP20020043912 20020220

[View INPADOC patent family](#)

---

**Abstract of JP2003247003**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide steel alloy powder for powder metallurgy in which high compressibility and high sinterability are reconciled to increase the molded density of a molding, and to reduce opening holes as well.

**SOLUTION:** Into the surfaces of particles of iron based powder having a composition containing, by mass,  $\leq 1.0\%$  Mn and 0.2 to 1.5% Mo so as to be prealloyed, and the balance Fe with inevitable impurities, 0.2 to 10.0% Mo is incorporated in the form of diffused and stuck powder.

**COPYRIGHT:** (C)2003,JPO

JP 2003-247003 A

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Mn: Below 1.0 mass % and Mo: 0.2-1.5 It is Mo in the form of the powder by which diffusion adhesion was carried out on the front face of the iron machine powder with which mass % is beforehand alloyed, and is included, and the remainder consists of Fe and an unescapable impurity substantially. Alloy steel powder for powder metallurgy characterized by doing 0.2-10.0 mass % content of.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the alloy steel powder for powder metallurgy, In order to obtain the various sintered metal components of high density and high intensity especially, it is related with the suitable alloy steel powder for powder metallurgy.

[0002]

[Description of the Prior Art] A powder metallurgy technique can produce the components of a configuration with complicated high dimensional accuracy in a NIANETTO configuration, and since cut cost can be reduced substantially, the powder metallurgy product is used in many fields. Recently, high intensity-ization of the powder metallurgy product of an iron system is strongly required for small and lightweight-izing of components.

[0003] As for the iron machine powder-molding object for powder metallurgy, it is common to carry out pressing and to be manufactured, after filling up metal mold with the iron machine powder mixed powder which mixed lubricant, such as stearin acid and lithium stearate, with powder for alloys, such as copper powder and graphite powder, further to iron machine powder. As a consistency of a Plastic solid, it is 6.6 - 7.1 Mg/m<sup>3</sup>. It is general. These iron machine powder-molding object is used as a sintered compact to sintering processing being performed further, and sizing and cutting are performed further if needed and let it be a powder metallurgy product. Furthermore, when high intensity is required, carburization heat treatment and bright heat treatment may be performed after sintering.

[0004] In order to raise the reinforcement of a powder metallurgy product, generally adding the alloy element which improves hardenability to iron machine powder is performed. As an element effective in this object, the compressibility at the time of compacting and the reinforcement of the member after sintering are reconciled by JP,63-66362,B by alloying Mo beforehand to iron powder in the range (Mo:0.1-1.0 mass %) which does not spoil compressibility, and making the particle front face of this iron powder carry out diffusion adhesion of Cu and the nickel in a powdered form. However, nickel and Cu are disadvantageous elements from a viewpoint of an environmental response in recent years or recycle nature, and it is desirable to avoid an activity if possible.

[0005] Mo system alloy steel powder which contains neither nickel nor Cu is also proposed by using Mo as a main alloy element until now. For example, it is Mo at the object which Mo which is a ferrite stabilization element is added [ object ] in JP,6-89365,B, and alpha single phase with the quick self-diffusion rate of Fe is formed [ object ], and promotes sintering. The alloy steel powder beforehand included as an alloy in the range of 1.5 - 20 mass % is proposed. However, since Mo addition was comparatively high, there was a fault that the compressibility of alloy steel powder was low and a high shaping consistency was not obtained.

[0006] On the other hand, In JP,7-51721,B It is Mo to iron powder. 0.2-1.5 Steel powder with the comparatively high compressibility at the time of compacting which made mass % and Mn alloy beforehand in the range of 0.05 - 0.25 mass % is indicated. However, the amount of Mo in this steel powder Since it is below 1.5 mass %, it does not become alpha phase single phase. Therefore, since progress of sintering between particles is not promoted but it becomes an organization with many open holes When it used especially for pressure sintering, a hole could not be crushed efficiently, but there was a trouble that eburnation could not advance easily.,

[0007] Thus, the conventional Mo alloy steel powder was inadequate for being compatible in high compressibility and a high degree of sintering.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention conquers the trouble of the above-mentioned conventional technique, reconciles high compressibility and a high degree of sintering, and it aims at offering the alloy steel powder for powder metallurgy which can decrease an open hole while it raises the shaping consistency of a Plastic solid.

[0009]

[Means for Solving the Problem] This invention for the above-mentioned object is Mn. : Below 1.0 mass % and Mo: 0.2-1.5 It is Mo in the form of the powder by which diffusion adhesion was carried out on the front face of the iron machine powder with which mass % is beforehand alloyed, and is included, and the remainder consists of Fe and an unescapable impurity. It is the alloy steel powder for powder metallurgy characterized by carry out 0.2-10.0 mass % content.

[0010]

[Embodiment of the Invention] The alloy steel powder of this invention is further explained at a detail according to a drawing below. iron machine powder (a) which makes Mo and Mn of the specified quantity an alloy content beforehand, and contains them as an alloy namely, -- beforehand -- first as shown in drawing 2 in manufacture of the alloy steel powder of this invention Mo raw material powder (b) It prepares.

[0011] Iron machine powder (a) If it carries out, the atomization iron powder which sprayed the molten steel which adjusted the alloy content to the specified quantity by water thru/or gas is desirable. although atomization iron powder performs processing which it heats [ processing ] in a reducing atmosphere (for example, hydrogen ambient atmosphere), and usually reduces C and O after atomization -- iron machine powder (a) of this invention \*\*\*\* -- it is also possible to use the iron powder of an atomization [ which does not perform such heat treatment ] as.

[0012] Mo raw material powder (b) If it carries out, metal Mo powder may be used

or Mo oxide (namely,  $\text{MoO}_3$ ) powder and ferromolybdenum powder may be used. Subsequently, the above mentioned iron machine powder (a) Mo raw material powder (b) It is mixing (c) at a predetermined ratio. It carries out. mixing (c) \*\*\*\* -- the approaches (for example, a Henschel mixer, a cone mixer, etc.) of applicable arbitration can be used. Iron machine powder (a) Mo raw material powder (b) It is spindle oil etc. in order to improve adhesion. It is also possible to add in the range below 0.1 mass %.

[0013] About this mixture, it is heat treatment (d) in the range of 800-1000 degrees C at reducing atmospheres, such as a hydrogen ambient atmosphere. By carrying out, it is the alloy steel powder (e) of this invention. It is obtained. As this alloy steel powder is typically shown in drawing 1, in the part 3 to which Mo raw material powder 2 and the iron machine powder 1 contact, a part of Mo in Mo raw material powder 2 was spread in the iron machine powder 1 particle, and the remainder of Mo has adhered to iron machine powder 1 front face in the condition of having remained to Mo raw material powder 2 (henceforth diffusion adhesion). In addition, although one diffusion adhesion of Mo is illustrated in drawing 1, it cannot be overemphasized that a diffusion adhesion part is not limited to one place with actual alloy steel powder.

[0014] In addition, when Mo oxide powder is used as Mo raw material powder 2, it is, In this heat treatment process, Mo oxide is returned to a metaled gestalt. Consequently, the condition that Mo content increased selectively by diffusion adhesion is acquired like the case where metal Mo powder is used as Mo raw material powder 2. In addition, if it heat-treats by doing in this way (namely, diffusion adhesion processing), since the iron machine powder 1 and Mo raw material powder 2 will usually be in the condition of having sintered and solidified, it crushes and classifies, annealing is further given to a desired particle size if needed, and it considers as a final alloy steel powder product.

[0015] The reason for definition of the amount of alloy elements in the alloy steel powder 4 of this invention is explained. Mo beforehand contained in the iron machine powder 1 as an alloy content namely, -- beforehand -- as an alloy with the alloy steel powder 4 of this invention 0.2-1.5 It is mass %. Mo content as an alloy beforehand Even if it exceeds 1.5 mass %, the effectiveness of the improvement in hardenability falls [ do not change so much but / by hardening of alloy steel powder 4 particle / compressibility ] on the contrary and is not desirable. It becomes disadvantageous also from an economical viewpoint. Moreover, Mo content as an alloy beforehand When carburization processing and hardening are performed for the alloy steel powder 4 of under 0.2 mass % after shaping / sintering A ferrite phase becomes easy to deposit in a sintered compact, consequently a sintered compact becomes a soft thing low also in reinforcement.,

[0016] Mn beforehand contained in the iron machine powder 1 as an alloy It is below 1.0 mass %. Mn content as an alloy beforehand It falls [ the effectiveness of the improvement in hardenability corresponding to Mn content is no longer acquired, and / by hardening of alloy steel powder 4 particle / compressibility ] on the contrary and is not desirable if 1.0 mass % is exceeded. It becomes disadvantageous also from an economical viewpoint. In addition, 0.04 mass % extent is surely contained as an unescapable impurity in the iron machine powder 1, and Mn will serve as the cost high, if it is going to reduce Mn content rather



than 0.04 mass %. Therefore, Mn content is 0.04-1.0 preferably. It is mass %.

[0017] Mo content contained in the form of the powder which carried out diffusion adhesion selectively with the alloy steel powder 4 of this invention is the alloy steel powder whole quantity. It is 0.2 to 10.0 mass %. Under by 0.2 mass %, there is little effectiveness of the improvement in hardenability, and the sintering facilitatory effect in a particle interface also becomes small. Moreover, even if it exceeds 10.0 mass %, the effectiveness of the improvement in hardenability and the effectiveness of acceleration of sintering are no longer seen so much, and serve as the cost high. In addition, it is Mo content by which diffusion adhesion is carried out in a powdered form from a viewpoint of securing the compressibility of the alloy steel powder 4. It is desirable to carry out to below 5.0 mass %.

[0018] For below 0.05 mass % and O, below 0.3 mass % and N are [ C contained as an impurity with the alloy steel powder 4 of this invention ] the 50 mass ppm. It is desirable that it is the following. If the content of an impurity exceeds these values, the compressibility of the mixed powder which mixed the iron machine powder 1 and Mo raw material powder 2 (namely, process of mixing (c) in drawing 1 ) will fall, It is because the alloy steel powder 4 which has sufficient consistency is not obtained.

[0019] Moreover, especially the mean particle diameter of the iron machine powder 1 in this invention is 30-120 as range industrially manufactured by low cost although not limited.  $\mu\text{m}$  is suitable. In addition, the mean particle diameter as used in the field of this invention is the middle point (d50) of weight addition particle size distribution. Since the alloy steel powder 4 of this invention has comparatively few elements beforehand contained in the iron machine powder 1 as an alloy, the degree of hardness of alloy steel powder 4 particle is controlled by low level, and a high consistency is obtained at the time of compression molding. Moreover, since Mo is segregating by comparatively high concentration in the particle front face, at the time of sintering of a Plastic solid, alpha single phase is formed by the particle interface. Consequently, association between the alloy steel powder 4 particles by sintering is promoted, and a close hole is easy to be formed. When the alloy steel powder 4 of this invention is applied to especially a pressing technique with this property, a hole collapses efficiently and the sintered compact of a high consistency is obtained. [0020]

[Example] Although an example explains this invention to a detail further below The alloy steel powder of this invention and its application are not limited to the following examples at all., After spraying the molten steel containing Mo and Mn of the specified quantity by the water atomizing method, reduction processing was carried out in the hydrogen ambient atmosphere, it cracked further, and iron machine powder was manufactured. It is  $\text{MoO}_3$  as Mo raw material powder to this iron machine powder. Predetermined carries out ratio addition of the powder, and it is spindle oil further. 0.015 mass % addition of was done and it mixed for 15 minutes with the V type mixer.

[0021] This mixed powder is heat-treated in the hydrogen ambient atmosphere of 40 degrees C of dew-points (retention temperature 875 degrees C, holding-time 1hr), and it is  $\text{MoO}_3$ . While returning powder to Metal Mo, the front face of iron machine powder was made to carry out diffusion adhesion, and the alloy steel powder of the presentation shown in a table 1 was manufactured. Mean particle

diameter (d50) had any alloy steel powder in the range of 70-90 micrometers. In addition, a sample number 4 is MoO<sub>3</sub>. It is the sample which omitted reduction processing of an atomizing powder before addition of powder. For any sample, C is below 0.01 mass % and O. Below 0.2 mass % and N are the 20 mass ppm. It checked by the chemical analysis that it was the following. Partial diffusion of Mo of an alloy steel powder child front face was checked by EPMA observation of a particle cross section.

[0022]

[A table 1]

[0023] Sample numbers 1-8 are examples with which Mo content and Mn content are satisfied of the range of this invention. A sample number 9 is an example for which Mo beforehand contained in iron machine powder as an alloy separates from the upper limit of the range of this invention. A sample number 10 is an example for which Mn beforehand contained in iron machine powder as an alloy separates from the upper limit of the range of this invention. A sample number 11 is an example for which Mo content by which Mo content by which diffusion adhesion is carried out is the example which separates from the lower limit of the range of this invention, and diffusion adhesion of the sample number 12 is carried out separates from the upper limit of the range of this invention, and a sample number 13 is an example which has not carried out diffusion adhesion of the Mo.

[0024] Such alloy steel powder It is zinc stearate to the 100 weight sections. After carrying out 1.0 weight sections addition and carrying out stirring mixing further, pressing was carried out by pressure 690MPa, and the tablet-like Plastic solid with a diameter [ of 11mm ] and a height of 10mm was produced. The consistency of this tablet-like Plastic solid was measured by the dimension method, and the ratio to true density was computed. Subsequently, after carrying out dewaxing

processing (retention temperature 600 degrees C, holding-time 1hr) of the tablet-like Plastic solid It sintered in the hydrogen ambient atmosphere (sintering temperature of 1250 degrees C, sintering time amount 1hr)., Pressure sintering (sintering temperature of 1300 degrees C, sintering time amount 1hr) of this sintered compact was carried out in the argon ambient atmosphere of 10.1MPa(s) (namely, 100 atmospheric pressure) with hydrostatic-pressure heating apparatus. The volume fraction (close void content) and consistency of a close hole of this pressure-sintering object were measured. The close void content of a pressure-sintering object was measured by the mercury porosimeter. the consistency of a pressure-sintering object -- Archimedes -- it measured by law and the ratio to true density was computed.

[0025] The close void content of a pressure-sintering object, a consistency, and the consistency of a tablet-like Plastic solid are collectively shown in a table 1. the sample numbers 1-8 which are the examples of invention -- sample-number 9-compared with 10 and 12, the consistency of a tablet-like Plastic solid is high. Sample numbers 11 and 13 have low close void content and consistency of a pressure-sintering object compared with the sample numbers 1-8 which are the examples of invention.

[0026]

[Effect of the Invention] As [ explained / above ] If the alloy steel powder for powder metallurgy of this invention is used, it is suitable as alloy steel powder for powder metallurgy which high compressibility and a high degree of sintering are compatible, and serves as a raw material of a high density sintering member. Since a hole is efficiently crushed when it is used especially for compression moulding technique, eburnation is promoted.

---

[Translation done.]



(8) JP 2003-247003A

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-247003  
(P2003-247003A)

(43) 公開日 平成15年9月5日(2003.9.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
B 2 2 F 1/02		B 2 2 F 1/02	A 4 K 0 1 8
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z
38/12		38/12	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2002-43912(P2002-43912)

(22) 出願日 平成14年2月20日(2002.2.20)

(71) 出願人 000001258

J F E スチール株式会社

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号

(72) 発明者 中村 尚道

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 宇波 繁

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(74) 代理人 100099531

弁理士 小林 英一

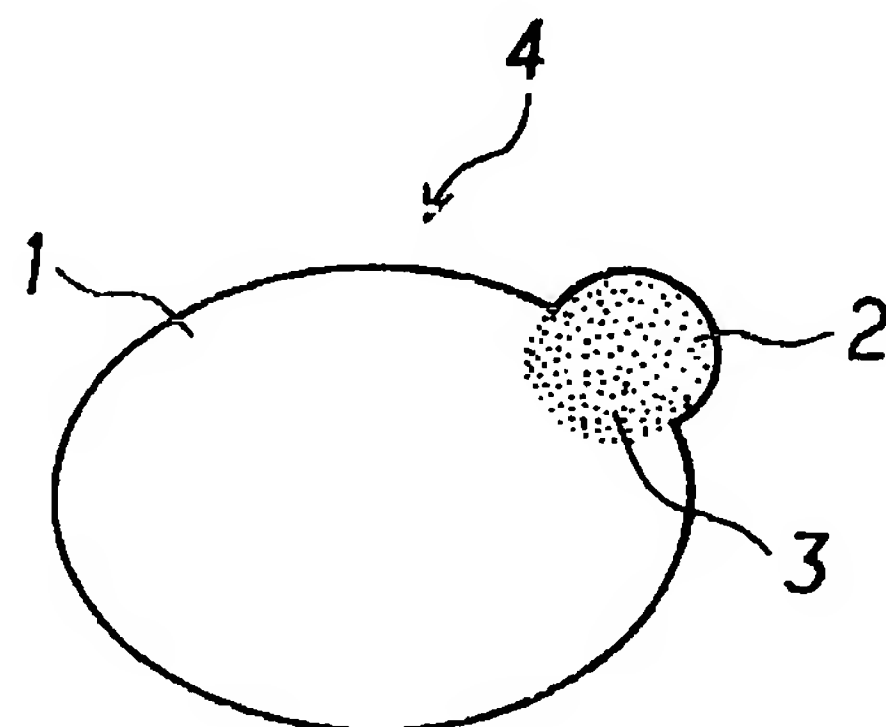
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粉末冶金用合金鋼粉

(57) 【要約】

【課題】 高圧縮性と高焼結性を両立させて、成形体の成形密度を高めるとともに開空孔を減少させることができる粉末冶金用合金鋼粉を提供する。

【解決手段】 Mn: 1.0質量%以下およびMo: 0.2~1.5質量%を予合金化して含み残部がFeおよび不可避免的不純物からなる鉄基粉末の粒子表面に拡散付着された粉末の形でMoを0.2~10.0質量%含有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Mn：1.0質量%以下およびMo：0.2～1.5質量%を予合金化して含み残部が実質的にFeおよび不可避的不純物からなる鉄基粉末の表面に、拡散付着された粉末の形でMoを0.2～10.0質量%含有することを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、粉末冶金用合金鋼粉に関し、特に高密度かつ高強度の各種焼結金属部品を得るために好適な粉末冶金用合金鋼粉に関するものである。

【0002】

【従来の技術】粉末冶金技術は、高寸法精度の複雑な形状の部品をニアネット形状に生産することが可能であり、大幅に切削コストを低減できることから、粉末冶金製品が多方面に利用されている。最近では、部品の小型・軽量化のため、鉄系の粉末冶金製品の高強度化が強く要求されている。

【0003】粉末冶金用鉄基粉末成形体は、鉄基粉末に、銅粉、黒鉛粉などの合金用粉末と、さらにステアリン酸、ステアリン酸リチウム等の潤滑剤を混合した鉄基粉末混合粉を金型に充填した後、加圧成形し製造されるのが一般的である。成形体の密度としては、 $6.6\sim 7.1\text{ Mg/m}^3$  が一般的である。これら鉄基粉末成形体は、さらに焼結処理を施され焼結体とされ、さらに必要に応じてサイジングや切削加工が施され、粉末冶金製品とされる。また、さらに高強度が必要な場合は焼結後に浸炭熱処理や光輝熱処理を施されることもある。

【0004】粉末冶金製品の強度を向上させるために、焼入性を改善する合金元素を鉄基粉末に添加することが一般的に行われている。この目的に有効な元素として、例えば特公昭63-66362号公報では、Moを圧縮性を損わない範囲（Mo：0.1～1.0質量%）で鉄粉に予合金化し、この鉄粉の粒子表面にCuとNiを粉末の形で拡散付着させることによって、圧粉成形時の圧縮性と焼結後の部材の強度を両立させている。しかしながら、NiやCuは、近年の環境対応やリサイクル性の観点からは不利な元素であり、できるだけ使用を避けることが望ましい。

【0005】Moを主たる合金元素として、NiやCuを含まないMo系合金鋼粉もこれまで提案されている。たとえば特公平6-89365号公報では、フェライト安定化元素であるMoを添加して、Feの自己拡散速度の速い $\alpha$ 単一相を形成して焼結を促進させる目的で、Moを1.5～20質量%の範囲で予合金として含む合金鋼粉が提案されている。しかしながら、Mo添加量が比較的高いため、合金鋼粉の圧縮性が低く、高い成形密度が得られないという欠点があった。

【0006】一方、特公平7-51721号公報には、鉄粉にMoを0.2～1.5質量%、Mnを0.05～0.25質量%の範囲で

予合金化させた、圧粉成形時の圧縮性が比較的高い鋼粉が開示されている。しかしながら、この鋼粉ではMo量が1.5質量%以下であるため $\alpha$ 相単相とならない。したがって、粒子間の焼結の進行が促進されず、開空孔の多い組織となるため、特に加圧焼結に用いた場合に空孔を効率的につぶすことができず、緻密化が進行しにくいという問題点があった。

【0007】このように、従来のMo合金鋼粉は、高圧縮性と高焼結性を両立するには不十分なものであった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述の従来技術の問題点を克服し、高圧縮性と高焼結性を両立させて、成形体の成形密度を高めるとともに開空孔を減少させることができる粉末冶金用合金鋼粉を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的のための本発明は、Mn：1.0質量%以下およびMo：0.2～1.5質量%を予合金化して含み残部がFeおよび不可避的不純物からなる鉄基粉末の表面に、拡散付着された粉末の形でMoを0.2～10.0質量%含有することを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉である。

【0010】

【発明の実施の形態】以下に本発明の合金鋼粉について、図面にしたがって、さらに詳細に説明する。本発明の合金鋼粉の製造にあたっては、図2に示すように、まず所定量のMoとMnを予め合金成分として（すなわち予合金として）含有する鉄基粉末(a)とMo原料粉末(b)を準備する。

【0011】鉄基粉末(a)としては、合金成分を所定量に調整した溶鋼を水ないしガスで噴霧したアトマイズ鉄粉が好ましい。アトマイズ鉄粉は、通常、アトマイズ後に還元性雰囲気（例えば水素雰囲気）中で加熱してCとOを低減させる処理を施すが、本発明の鉄基粉末(a)にはこのような熱処理を施さないアトマイズままの鉄粉を用いることも可能である。

【0012】Mo原料粉末(b)としては、金属Mo粉末を用いても良いし、あるいはMo酸化物（すなわち $\text{MoO}_3$ ）粉やフェロモリブデン粉を用いても良い。次いで、前記した鉄基粉末(a)とMo原料粉末(b)を、所定の比率で混合(c)する。混合(c)には適用可能な任意の方法（例えばヘンシェルミキサーやコーン型ミキサーなど）を用いることができる。鉄基粉末(a)とMo原料粉末(b)との付着性を改善するために、スピンドル油等を0.1質量%以下の範囲で添加することも可能である。

【0013】この混合物を、水素雰囲気等の還元性雰囲気にて、 $800\sim 1000^\circ\text{C}$ の範囲で熱処理(d)することにより、本発明の合金鋼粉(e)が得られる。この合金鋼粉は、図1に模式的に示すように、Mo原料粉末2と鉄基粉末1とが接触する部位3において、Mo原料粉末2中のMo

の一部が鉄基粉末1粒子中に拡散して、Moの残部はMo原料粉末2に残留した状態で鉄基粉末1表面に付着（以下、拡散付着という）している。なお図1ではMoの拡散付着は1ヶ所のみ図示しているが、実際の合金鋼粉では拡散付着箇所は1ヶ所に限定されないことは言うまでもない。

【0014】なお、Mo原料粉末2としてMo酸化物粉を用いた場合にはこの熱処理工程においてMo酸化物が金属の形態に還元される。その結果、金属Mo粉をMo原料粉末2として用いた場合と同様に、拡散付着によって部分的にMo含有量が増加した状態が得られる。なお、このようにして熱処理（すなわち拡散付着処理）を行なうと、通常は鉄基粉末1とMo原料粉末2が焼結して固まった状態となるので、所望の粒径に破碎・分級し、必要に応じてさらに焼鈍を施して、最終的な合金鋼粉製品とする。

【0015】本発明の合金鋼粉4における合金元素量の限定理由について説明する。本発明の合金鋼粉4で、予合金として（すなわち予め合金成分として）鉄基粉末1に含まれるMoは0.2～1.5質量％である。予合金としてのMo含有量が1.5質量％を超えても、焼入性向上の効果はさほど変わらず、かえって合金鋼粉4粒子の硬化により圧縮性が低下して好ましくない。経済的な観点からも不利となる。また、予合金としてのMo含有量が0.2質量％未満の合金鋼粉4を成形・焼結後、浸炭処理および焼入れを行なった場合、焼結体中にフェライト相が析出しやすくなり、その結果、焼結体が軟らかく強度的にも低いものとなる。

【0016】予合金として鉄基粉末1に含まれるMnは1.0質量％以下である。予合金としてのMn含有量が1.0質量％を超えると、Mn含有量に見合う焼入性向上の効果が得られなくなり、かえって合金鋼粉4粒子の硬化により圧縮性が低下して好ましくない。経済的な観点からも不利となる。なお、Mnは鉄基粉末1中に不可避的不純物として0.04質量％程度は必ず含まれ、Mn含有量を0.04質量％よりも低減しようとするコスト高となる。したがってMn含有量は、好ましくは0.04～1.0質量％である。

【0017】本発明の合金鋼粉4で、部分的に拡散付着した粉末の形で含有されるMo含有量は、合金鋼粉全量の0.2～10.0質量％である。0.2質量％未満では、焼入性向上の効果が少なく、また粒子界面での焼結促進効果も小さくなる。また、10.0質量％を超えても焼入性向上の効果や焼結促進の効果がさほど見られなくなり且つコスト高となる。なお、合金鋼粉4の圧縮性を確保するという観点からは、粉末の形で拡散付着されるMo含有量は

5.0質量％以下とすることが好ましい。

【0018】本発明の合金鋼粉4では、不純物として含有されるCが0.05質量％以下、Oが0.3質量％以下、Nが50質量ppm以下であることが好ましい。不純物の含有量がこれらの値を超えると、鉄基粉末1とMo原料粉末2とを混合（すなわち図1における混合(c)の工程）した混合粉末の圧縮性が低下し、十分な密度を有する合金鋼粉4が得られないからである。

【0019】また、本発明における鉄基粉末1の平均粒径は特に限定されないが、工業的に低コストで製造される範囲として30～120  $\mu\text{m}$ が好適である。なお、本発明でいう平均粒径は、重量積算粒度分布の midpoint ( $d_{50}$ ) である。本発明の合金鋼粉4は、予合金として鉄基粉末1中に含まれる元素が比較的少ないため、合金鋼粉4粒子の硬度が低いレベルに抑制され、圧縮成形時に高い密度が得られる。また、粒子表面にはMoが比較的高い濃度で偏析しているため、成形体の焼結時には粒子界面で $\alpha$ 単一相が形成される。その結果、焼結による合金鋼粉4粒子間の結合が促進され、閉空孔が形成されやすい。この特性により、本発明の合金鋼粉4を、特に加圧成形技術に適用した場合には、効率的に空孔がつぶれて高い密度の焼結体を得られる。

【0020】

【実施例】以下に実施例でさらに詳細に本発明について説明するが、本発明の合金鋼粉およびその用途は、以下の例に何ら限定されるものではない。所定量のMoおよびMnを含む溶鋼を水アトマイズ法によって噴霧した後、水素雰囲気中で還元処理し、さらに解砕して鉄基粉末を製造した。この鉄基粉末にMo原料粉末として $\text{MoO}_3$ 粉末を所定の比率添加し、さらにスピンドル油を0.015質量％添加して、V型混合器で15分間混合した。

【0021】この混合粉を露点40℃の水素雰囲気中で熱処理（保持温度875℃、保持時間1hr）して $\text{MoO}_3$ 粉末を金属Moに還元するとともに、鉄基粉末の表面に拡散付着させて、表1に示す組成の合金鋼粉を製造した。いずれの合金鋼粉も平均粒径( $d_{50}$ )は70～90  $\mu\text{m}$ の範囲にあった。なお、試料番号4は、 $\text{MoO}_3$ 粉の添加前にアトマイズ粉の還元処理を省略した試料である。いずれの試料もCは0.01質量％以下、Oは0.2質量％以下、Nは20質量ppm以下であることを化学分析で確認した。合金鋼粉粒子表面のMoの部分拡散は、粒子断面のEPMA観察で確認した。

【0022】

【表1】



試料No	合金鋼粉			タブレット 状成形体	加圧焼結体		備考
	鉄基粉末		Mo拡散 付着量				
	Mo予合金量 (質量%)	Mn予合金量 (質量%)			Mo (質量%)	密度 * (%)	
1	0.22	0.16	1.03	80.4	90	99.5	発明例
2	0.38	0.21	1.03	90.1	90	99.6	
3	0.61	0.21	0.98	89.9	90	99.7	
4	1.36	0.18	1.02	88.0	91	99.6	
5	0.54	0.28	3.78	88.8	92	99.6	
6	0.33	0.20	8.90	87.4	92	99.7	
7	0.58	0.60	2.10	88.5	91	99.7	
8	0.52	0.05	0.50	90.5	90	99.5	
9	1.68	0.16	1.04	86.7	91	89.5	比較例
10	0.60	1.20	2.02	85.1	91	89.0	
11	0.61	0.21	0.12	90.2	36	95.0	
12	0.34	0.20	11.8	85.4	92	99.0	
13	0.35	0.22	-	91.2	31	94.8	

\* 真密度に対する比率

【0023】試料番号1～8は、Mo含有量およびMn含有量が本発明の範囲を満足する例である。試料番号9は予合金として鉄基粉末に含まれるMoが本発明の範囲の上限値を外れる例であり、試料番号10は予合金として鉄基粉末に含まれるMnが本発明の範囲の上限値を外れる例であり、試料番号11は拡散付着されるMo含有量が本発明の範囲の下限値を外れる例であり、試料番号12は拡散付着されるMo含有量が本発明の範囲の上限値を外れる例であり、試料番号13はMoを拡散付着していない例である。

【0024】これらの合金鋼粉 100重量部に対してステアリン酸亜鉛を 1.0重量部添加し、さらに攪拌混合した後、圧力690MPaで加圧成形して直径11mm、高さ10mmのタブレット状成形体を作製した。このタブレット状成形体の密度を寸法法で測定し、真密度に対する比率を算出した。次いでタブレット状成形体を脱ろう処理（保持温度 600℃、保持時間 1 hr）した後 水素雰囲気中で焼結（焼結温度1250℃、焼結時間 1 hr）した。この焼結体を静水圧加熱装置により10.1MPa（すなわち 100気圧）のアルゴン雰囲気中で加圧焼結（焼結温度1300℃、焼結時間 1 hr）した。この加圧焼結体の閉空孔の体積分率（閉空孔率）と密度を測定した。加圧焼結体の閉空孔率は、水銀ポロシメータで測定した。加圧焼結体の密度はアルキメデス法で測定し、真密度に対する比率を算出した。

【0025】加圧焼結体の閉空孔率、密度およびタブレット状成形体の密度を、表1に併せて示す。発明例である試料番号1～8は、試料番号9～10、12に比べてタブレット状成形体の密度が高い。試料番号11および13は、発明例である試料番号1～8に比べて、加圧焼結体の閉空孔率と密度が低い。

【0026】

【発明の効果】以上に説明したように 本発明の粉末冶金用合金鋼粉を用いると、高圧縮性と高焼結性が両立され、高密度焼結部材の原料となる粉末冶金用合金鋼粉として好適である。特に加圧成形法に使用した場合には、効率的に空孔がつぶされるため、緻密化が促進される。

【図面の簡単な説明】

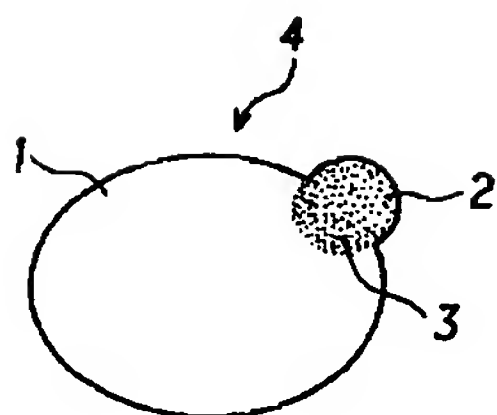
【図1】本発明の合金鋼粉の例を模式的に示す断面図である。

【図2】本発明の合金鋼粉の製造工程の例を示すブロック図である。

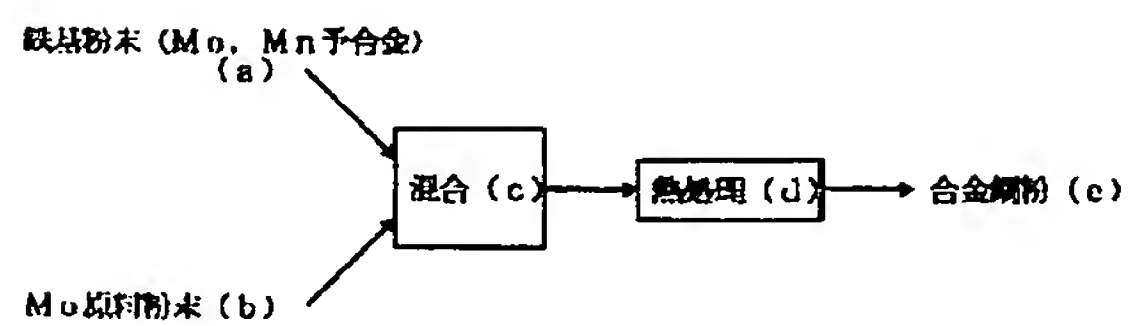
【符号の説明】

- 1 鉄基粉末
- 2 Mo原料粉末
- 3 接触する部位
- 4 合金鋼粉

【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

(72)発明者 上ノ 園 聡  
千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製  
鉄株式会社技術研究所内

Fターム(参考) 4K018 BA13 BC22